

Die Entwicklung der geologischen Ideen seit der Goethe-Zeit

Engelhardt, Wolf Frh. von

Veröffentlicht in:
Abhandlungen der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft Band 30, 1979,
S.62-84



Verlag Erich Goltze KG, Göttingen

Die Entwicklung der geologischen Ideen seit der Goethe-Zeit

Von **Wolf Frh. von Engelhardt**, Tübingen

Ich möchte einige Gedanken über die Ideen vortragen, die die Entstehung der Geowissenschaften im ausgehenden 18. Jahrhundert und ihre weitere Entwicklung bis heute getragen und bestimmt haben, und deren Betrachtung die besondere Stellung illustrieren wird, die diese Wissenschaften innerhalb der anderen Naturwissenschaften einnehmen.

Diese Wissenschaften, deren Themen bisher der Aufbau und die Geschichte der Erde und des Lebens auf ihr war, und die sich heute darüber hinaus auch mit den anderen terrestrischen Planeten befassen, stellen sich in Forschung, Lehre und Anwendung heute in einer Reihe mehr oder weniger selbständiger Fächer dar, zu denen insbesondere Geologie, physische Geographie, Paläontologie, Mineralogie, Petrologie, Geophysik und Geochemie gehören. Ich will der Kürze halber im folgenden zusammenfassend einfach von „Geologie“ sprechen, und bitte zu bedenken, daß ich mit diesem Titel alle Erdwissenschaften, also mehr meine als das, was der Name Geologie im engeren Sinne bezeichnet.

Geologie als anerkannte Wissenschaft ist erst in einer Zeit entstanden, die ungefähr mit Goethes Lebenszeit zusammenfällt: Um die Mitte des 18. Jahrhunderts gab es noch nicht einmal die Namen Geologie oder Geognosie, und im Todesjahr Goethes, 1832, existierten an vielen europäischen Universitäten bereits Lehrstühle für das neue Fach. Geologie entstand also zu einer Zeit, als die exakten Naturwissenschaften Astronomie, Physik und Chemie, sowie die sogenannten naturhistorischen Fächer Mineralogie, Botanik und Zoologie schon etabliert waren und an den Universitäten gepflegt wurden.

Geologie ist aber nicht nur eine der jüngsten Naturwissenschaften, sie unterscheidet sich auch in ihrer erkenntnistheoretischen Struktur wesentlich von den experimentellen Wissenschaften, die sich wie Physik und Chemie um die gegenwärtige, gesetzmäßige Struktur der materiellen Welt bemühen, und deren Aussagen experimentell geprüft werden können. Die Geologie erhebt nämlich u. a. den Anspruch, vergangenes Geschehen aufzudecken, d. h. mit naturwissenschaftlichen Methoden die Zeit aufzuschließen, so wie Kopernikus, Kepler, Galilei und Newton den Raum erschlossen hatten.

Über die Geschichte der Erde gab es schon in früheren Zeiten, besonders seit dem 17. Jahrhundert, verschiedene Hypothesen, die auf verhältnismäßig wenig Beobachtungen und viel freier Spekulation beruhten. Einer wissenschaftlichen Theorie am

nächsten kamen die Gedanken Buffons¹⁾ über die Epochen der Erdgeschichte, die zuerst im Jahre 1749 veröffentlicht wurden, und recht große Beachtung fanden. Aber auch diese Hypothese wurde von den Wissenschaftlern der Zeit wie Réaumur, Romé de Lisle und Lavoisier abgelehnt, die meinten, daß man über das nicht sprechen sollte, über das die Natur selbst schweigt.²⁾

Will man verstehen, welche Wege den Gelehrten des 18. Jahrhunderts zur Verfügung standen, um eine Naturwissenschaft der Erdvergangenheit zu entwerfen, so muß man sich der großen Bedeutung bewußt sein, welche damals der in der Bibel niedergelegten Welt- und Menschengeschichte zukam. Abgesehen von den spekulativen Hypothesen Einzelner hatte die Wissenschaft keine Alternative zur Verfügung gestellt, die allgemeine Anerkennung genoß. Seit Jahrhunderten war man daran gewöhnt, die in der Bibel offenbarte Geschichte für wahr zu halten. Es waren durchaus nicht nur orthodoxe Geistliche, die darauf bestanden, daß die neue Wissenschaft der biblischen Wahrheit nicht widersprechen dürfe. Auch für Naturforscher war die Auseinandersetzung mit der Bibel ein ernst zu nehmendes Problem.³⁾ In welchem Maße aufgeklärte Forscher noch lange der biblischen Geschichte verpflichtet blieben, möchte ich durch ein Zitat aus einem 1856 gehaltenen Vortrag des Tübinger Geologie-Professors Friedrich August Quenstedt belegen:

„Auch für den Geologen ist die Bibel das Buch der Bücher. Lange bildete sie die einzige Richtschnur, von welcher abzuweichen kein Geist der christlichen Jahrhunderte sich stark genug fühlte. Denn bedeutungsvoll beginnt das alte Testament mit der Schöpfungsgeschichte, so nahe lag schon den ersten Kulturvölkern die große Frage über den Ursprung der Welt. Und wer erfreute sich nicht der einfachen Mosaischen Erzählung, die glücklich viele der Schwierigkeiten umgeht, selbst Geologen unserer Zeit wollen noch jedes Wort darin verteidigen! Mit umso größerem Recht folgten daher die alten Forscher diesem Schimmer von Wahrheit gleich einem Sterne, der nicht irre führen könne. Wir

¹⁾ George Louis Leclerc de Buffon. 1707–1788. *Theorie de la Terre*, Paris 1749; *Histoire naturelle des epoques de la Nature*. Paris 1778.

²⁾ Vgl. R. Hooykaas, *The principle of uniformity in geology, biology and theology*. Leiden 1963, S. 141.

³⁾ Hierzu eine Passage aus einem Buch des Schweizer Gelehrten Jean André de Luc (1727–1827), der in den Jahren 1778 bis 1810 zahlreiche Schriften über naturwissenschaftliche Themen, darunter auch solche erdgeschichtlicher Art, verfaßte, und auf den die Bezeichnung „Geologie“ (géologie) für die neue Wissenschaft zurückgeht:

„Es können gewiß keine Schlußfolgerungen aus den Naturwissenschaften für die Menschen wichtiger sein als diejenigen, die die Genesis betreffen. Denn wenn man dieses Buch zu den Märgen rechnet, dann stürzt man die Menschen in die größte Unwissenheit bezüglich dessen, was ihnen zu wissen am wichtigsten ist: nämlich bezüglich ihres Ursprungs, ihrer Pflichten und ihrer Bestimmung. Man würde so die Grundlagen zerstören, auf denen die Gesellschaft, seit sie besteht, beruht. Mit einem Wort: es würde bedeuten, daß die Menschen den Menschen selbst ausgeliefert sind – und man konnte sie schlecht, wenn man nicht voraussähe, was daraus zu ihrem Schaden folgt.“

(*Traité élémentaire de Géologie*, Paris 1809, S. 4. – Ähnlich auch schon in früheren Werken wie z. B.: *Lettres sur l'histoire de la Terre*. La Haye 1778 oder: *Abrégé de principes et des faits concernant la Cosmologie et la Géologie*, Brunswick 1803.)

selbst sind in solchen Ideen aufgewachsen, die wie Orakel aus der Jugendzeit in uns stetig wiederklingen. In der Tat, kein Naturkundiger wird so oft genötigt, die altheiligen Bücher zur Hand zu nehmen, als der Geognost, auch liegt der Einfluß auf den Entwicklungsgang der Wissenschaft so offen da, daß man ausrufen dürfte, was wäre aus dem Ganzen geworden, wenn nicht schon Moses das erste Samenkorn dazu gelegt hätte!“⁴⁾

Die in den Büchern des Alten und des Neuen Testaments niedergelegten Aussagen über die Welt- und Menschengeschichte können zusammenfassend durch die folgenden Momente charakterisiert werden:

- 1) **Die einmal erschaffenen Kreaturen sind unveränderlich;** denn alle Lebewesen wurden mit einem Male erschaffen, jedes nach seiner Art.⁵⁾
- 2) **Die Welt ist, so wie sie erschaffen wurde, vollkommen;** damit ist gemeint, daß die Welt in dem Sinne gut und vollkommen ist, als sie als Natur dem Menschen zur ausreichenden Nahrung und Nutzung dient und auch allen anderen Lebewesen das zu ihrer Existenz Erforderliche bietet.⁶⁾
- 3) **Die Weltgeschichte ist in Epochen gegliedert, endlich in der Zeit und auf ein Ziel gerichtet;** denn es gibt trotz der Unveränderlichkeit des Erschaffenen eine auf den Menschen bezogene Welt- und Heilsgeschichte, die durch plötzliche katastrophale Ereignisse gegliedert ist: Die Erschaffung der Welt aus dem Nichts⁷⁾ am Anfang, die Vertreibung aus dem Paradies⁸⁾, die Sintflut⁹⁾, die Menschwerdung Christi, der Weltuntergang¹⁰⁾. Die Dauer der Weltgeschichte ist begrenzt, die seit der Erschaffung der Welt vergangene Zeit läßt sich als eine nicht allzu große Zahl von Generationen berechnen. Die Weltgeschichte ist nicht umkehrbar, sie läuft einem Ziele zu.

Diese drei Momente der biblischen Welt- und Menschengeschichte bezeichnen grundlegende Formen, die den Gelehrten als einzige oder doch mindestens als die geläufigen Denkschemata zur Verfügung standen, als sie im ausgehenden 18. und im beginnenden 19. Jahrhundert auf verschiedenen Wegen versuchten, in das Dunkel der Erdgeschichte mit naturwissenschaftlichen Mitteln einzudringen. Die geologischen Systeme der ersten Zeit kann man als säkularisierte Formen der biblischen Tradition verstehen, wenn sie bestimmte Ideen der Historia Sacra verkörpern, oder als Akte der Befreiung von dieser Tradition, wenn sie in deutlichem Widerspruch zu biblischen Ideen stehen.

⁴⁾ August Wilhelm Quenstedt, Sündflut und Paradies. In: Sonst und Jetzt, Populäre Vorträge über Geologie. Tübingen o. J. (1856), S. 192.

⁵⁾ 1. Mose 1, 20–25.

⁶⁾ Psalm 104, 5–35.

⁷⁾ 1. Mose 1 und 2; Psalm 33, 6–9; Psalm 102, 26–28; Hebr. 1, 10–12.

⁸⁾ 1. Mose 3, 17–24.

⁹⁾ 1. Mose 7, 17–24.

¹⁰⁾ Matth. 24, 5–39; Mark. 13, 24–32; Luk. 21, 25–28; Off. 21, 1.

♦-----♦

A B S T R A C T

O F A

DISSERTATION

READ IN THE

ROYAL SOCIETY OF EDINBURGH,

U P O N T H E

SEVENTH OF MARCH, AND FOURTH OF APRIL,

M,DCC,LXXIV,

CONCERNING THE

SYSTEM OF THE EARTH,

ITS DURATION, AND STABILITY.

♦-----♦

James Hutton: Zusammenfassung der
am 7. März und 4. April 1785
der Royal Society in Edinburgh
vorgelegten Abhandlung

Aus dem letzten Viertel des 18. Jahrhunderts sind zwei Entwürfe zu nennen, die sich als erste Versuche wissenschaftlicher Erdgeschichte von den vorangegangenen spekulativen Konstruktionen abheben, und von denen sich die bis heute zu verfolgenden beiden Hauptstämme geologischer Theorien ableiten. Das sind die „Theorie der Erde“ des Schotten James Hutton von Edinburgh und die Geognosie des Abraham Gottlob Werner von Freiberg in Sachsen.

James Hutton¹¹⁾ legte im Jahre 1785 der Royal Society in Edinburgh eine Abhandlung vor, welche den bezeichnenden Titel trug: „Theorie der Erde oder eine Untersuchung über die Gesetze, welche auf dem Erdball bezüglich der Zusammensetzung, der Auflösung und der Wiederherstellung des festen Landes beobachtet werden können.“ 10 Jahre später, im Jahre 1795, erschien ein zweibändiges Werk „Theorie der Erde“, und nach Huttons Tod veröffentlichte sein Freund und Schüler John Playfair eine ausführliche Erläuterung der Huttonschen Theorie.¹²⁾

Die Theorie Huttons ist ein Versuch, im Gegensatz zu den früheren spekulativen Erzählungen über eine mehr oder weniger phantastische Geschichte der Erde, eine ahistorische Geologie zu begründen, eine Geologie nämlich, die dem Ideal der Astronomie und der experimentellen Naturwissenschaften Physik und Chemie angepaßt ist, indem ihre letzte Aufgabe nicht der Bericht über die in der Vergangenheit stattgefundenen Veränderungen der Erdoberfläche, sondern die Bestimmung der allezeit gültigen Gesetze sein soll, die diesen Veränderungen zugrunde liegen. Das Fortschaffen der realen Erdzeit aus einer Wissenschaft, deren Thema doch gerade das vergangene Geschehen in und auf der Erde ist, gelang Hutton durch eine bestimmte Interpretation dieses Geschehens:

Was wir auf der Erdoberfläche beobachten: die Entstehung lockeren Bodens durch die Verwitterung der festen Gesteine und der Transport des entstandenen feinen Materials durch die Flüsse in das Meer, wo es vor unseren Augen verschwindet, ist nach Hutton nur Teil eines Kreisprozesses, der folgendermaßen verläuft: das zerkleinerte Material der Festländer wird auf dem Ozeanboden als eine Folge geschichteter Sedimente abgelagert. Durch den Druck der oberen Schichten und durch die aus dem Erdinneren aufsteigende Wärme erfahren die Sedimente eine teilweise Schmelzung und Verfestigung. Dieselbe Erdwärme erzeugt geschmolzenes Magma, das z. T. als Lava in den Vulkanen zu Tage tritt, z. T. als unterirdische Lava in die Sedimente eindringt und in ihnen in Form kristalliner Gesteine wie z. B. Granit und Basalt erstarrt. Die Erdwärme erzeugt ferner eine ausdehnende Wirkung, wodurch die am Meeresboden verfestigten Gesteine aufsteigen, so daß sich an Stelle der durch Verwitterung zerstörten Festländer neue Kontinente aus dem Ozean erheben. Dabei

¹¹⁾ James Hutton 1726–1795. Dissertation concerning the system of the Earth, its duration and stability. Edinburgh 1785.

Theory of the Earth; or an investigation of the laws observable in the composition, dissolution, and restoration of land upon the globe. Transactions of the Royal Soc. of Edinburgh. 1788. Vol. 1, part II, p. 209–304. Theory of the Earth. 2 vol. Edinburgh 1795.

¹²⁾ John Playfair 1748–1819. Illustrations of the Huttonian Theory. Edinburgh 1802.

werden ursprünglich horizontale Schichten aufgerichtet und auf mannigfache Weise gestört und zerbrochen. Es entstehen Spalten und Klüfte, die durch von unten aufdringende Schmelzen ausgefüllt werden, die zu kristallinen Gesteinen erstarren.

Diese Vorgänge haben sich nach Hutton in der Vergangenheit zyklisch und an jeweils verschiedenen Stellen der Erdoberfläche wiederholt. Immer gab es irgendwo Kontinente, die erodiert wurden, und Meeresbecken, in denen der Schutt abgelagert und in festes Gestein verwandelt wurde. Immer wieder stiegen als Ersatz für die zerstörten Festländer neue Kontinente in Gestalt verfestigter Sedimente aus dem Ozean empor. Das geologische Geschehen ist somit ein gleichbleibender, uniformer Prozeß ohne Struktur in der Zeit, eine immer währende Gegenwart. Die Huttonsche Abhandlung schließt mit dem berühmten Satz:

„Das Ergebnis dieser unserer Untersuchung ist also, daß wir keine Spur eines Anfangs und keinen Hinweis auf ein Ende sehen.“

Das zyklisch bewegte System der Erde nennt Hutton eine Maschine von besonderer Konstruktion. Eine Maschine setzt einen Konstrukteur voraus und einen Zweck, den der Konstrukteur im Auge hatte. Der Zweck der Erdmaschine besteht nach Hutton darin, „eine bewohnbare Welt“ zu bilden. An anderer Stelle spricht Hutton von der „oeconomy of the globe“, dem Haushalt des Erdballs – übrigens ein Ausdruck, den wir heute noch verwenden. Wir sprechen z.B. vom Sauerstoffhaushalt der Atmosphäre, dem Kohlenstoffhaushalt im exogenen Kreislauf usw.

In der Huttonschen Vorstellung des immer gleichbleibenden Erdgeschehens erkennen wir die biblische Idee von der Persistenz des Geschaffenen und in seinen Begriffen System, Maschine und Haushalt die biblische Idee, daß die Welt vollkommen, d.h. vor allem zweckmäßig für den Menschen eingerichtet ist. Dagegen widerspricht die uniforme, trotz aller lokalen Veränderung in immerwährender Gegenwart verharrende Welt Huttons der biblischen Idee der gerichteten Geschichtlichkeit. Diesen Widerspruch haben die theologisch engagierten Kritiker der Huttonschen Theorie dann auch zum Anlaß genommen, ihn des Atheismus anzuklagen. So erregte Hutton mit der ahistorischen Konzeption der Erdgeschichte zwar ein Ärgernis bei den Theologen, für diesen Preis gewann er aber den Anschluß an die exakten Naturwissenschaften.

Denn das maschinenhafte Geschehen auf der Erde ist in seiner beharrenden Beschaffenheit dem physikalisch verstandenen Planetensystem analog: Auch im Planetensystem gibt es Bewegung, aber nur die durch physikalische Gesetze geregelte Wiederkehr des Gleichen. Den Umläufen der Planeten entsprechen die Zyklen der Huttonschen Erdgeschichte. Man kann daher auch nach für alle Zeiten gültigen Gesetzen des geologischen Geschehens suchen. Da die Gegenwart nicht anders beschaffen sein soll als die Vergangenheit, muß es möglich sein, diese Gesetze aus dem gegenwärtigen Geschehen abzulesen. In der Vergangenheit kann es keine anderen Kräfte, Ursachen, Gesetzmäßigkeiten gegeben haben als diejenigen, die heute zu beobachten sind.

Man hat das Prinzip der Huttonschen Theorie später in England Uniformitarismus genannt, der deutsche Ausdruck Aktualismus bedeutet ungefähr dasselbe.¹³⁾ Im Aspekt des ahistorischen Uniformitarismus konnte man Geologie als Gesetzeswissenschaft wie Physik und Chemie betreiben, und dies begann auch sogleich nach Huttons und Playfairs Auftreten in Edinburgh.

James Hall¹⁴⁾ versuchte durch Experimente die Bedingungen zu ermitteln, unter denen der Huttonschen Theorie gemäß Gesteinsschmelze zu Basalt oder Granit erstarrt. Im 19. Jahrhundert setzte sich die Suche nach Gesetzen des uniformen geologischen Geschehens weiter fort, und es haben sich weitverzweigte Arbeitsrichtungen und ganze Disziplinen bis heute aus dem Aspekt der Uniformität des geologischen Geschehens entwickelt. Die Disziplinen der sogenannten allgemeinen Geologie, der Sedimentologie, der Mineralogie, der Petrologie, der Geochemie, der Geophysik handeln von Gesetzmäßigkeiten, die aktual, heute vor unseren Augen und ebenso immer in der Vergangenheit das Geschehen auf und in dem Erdkörper bestimmen und auch in der Zukunft bestimmen werden – ein Erbe der Huttonschen ahistorischen Geologie.

War aber wirklich die Abkehr vom dritten Prinzip der biblischen Weltgeschichte, die Leugnung der epochalen, zeitlich meßbaren und gerichteten Geschichtlichkeit der Erdvergangenheit ein Preis, der notwendig gezahlt werden mußte, um die Anerkennung der Geologie als exakte Naturwissenschaft zu erlangen? Und vor allen Dingen: Konnte die Theorie einer immerwährenden Gegenwart vor den praktischen Erfahrungen der Bergleute und Geologen, vor den Zeugnissen der Mineralien, der Gesteine und der Versteinerungen bestehen?

Das etwa gleichzeitig mit Hutton entwickelte geologische System des Abraham Gottlob Werner¹⁵⁾ in Freiberg gründete einen zweiten Stamm geologischer Theorien, die der Idee der Geschichtlichkeit der Erdvergangenheit verpflichtet waren.

Anders als der Gutsbesitzer und unabhängige Privatgelehrte Hutton war Werner Lehrer an der Bergakademie Freiberg und beruflich mit der Praxis des Bergbaus verbunden. Zeit seines Lebens war er mit der Ausbildung künftiger Bergleute befaßt. Über sein System der Geognosie, wie er die neue Wissenschaft nannte, hat Werner selbst kaum etwas publiziert. Über seine Theorie sind wir durch die Publikationen seiner vielen Schüler aus der ganzen Welt gut unterrichtet. Viele von ihnen haben, wie z. B. d'Aubuisson de Voisin, Leopold v. Buch und Alexander v. Humboldt, zu Beginn des 19. Jahrhunderts selbst eine bedeutende Rolle in der Entwicklung der geologischen Wissenschaften gespielt.

¹³⁾ Vgl. hierzu das Buch von R. Hooykaas, Anm. 2.

¹⁴⁾ James Hall 1762–1831. Nicholson's Journal Nr. 38, April 1800 (cf. Gilberts Ann. VII); Transact. Royal Soc. Edinburgh 1805. Vol. 5, p. 43, 6, p. 71.

¹⁵⁾ Abraham Gottlob Werner 1750–1817. Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten. Dresden 1787.

Darstellungen der Wernerschen Geognosie in Werken seiner Schüler:

Franz Ambros Reuß, Lehrbuch der Mineralogie. Leipzig 1801–1803. – Jean Francois d'Aubuisson de Voisins, Traité de Géognosie. Strasbourg et Paris 1819. – Robert Jameson, Elements of Geognosy. Edinburgh 1808.

Kurze
Klassifikation und Beschreibung
der
verschiedenen Gebirgsarten,
von
A. G. Werner,
Bergakademie-Inspektor und Lehrer der Bergbaukunst und Mineralogie
zu Freiberg.



Dresden, 1787.
In der Waltherischen Hofbuchhandlung.

Auch Werners System der Geologie ist eine geologische Theorie, auch hier ging es nicht um fabelmäßige Erzählungen alter Geschichten, sondern um die Gesetzmäßigkeiten der Erdgeschichte. Diese Gesetzmäßigkeiten sind aber nicht wie in der Physik und bei Hutton in Zeit und Raum universell. Die von Werner behauptete Gesetzmäßigkeit der Erdgeschichte geht von der den Bergleuten Mitteldeutschlands geläufigen Erfahrung aus, daß der Untergrund aus meist horizontalen Schichten großer lateraler Verbreitung aufgebaut ist, und nimmt an, daß die Vergangenheit der Erde in Epochen gegliedert ist, die die ganze Erdoberfläche in gleicher Weise betroffen haben. Es wurde also eine räumliche, den ganzen Erdball umspannende, nicht eine zeitliche Universalität angenommen. Die Wernerschen Epochen werden durch übereinander liegende, scharf gegeneinander abgegrenzte Massen von Gesteinsarten, die Werner Formationen nannte, dokumentiert. Jede Formation soll sich in einer bestimmten Zeit, unter spezifischen Bedingungen gebildet haben. Da Werner voraussetzte, daß diese Bedingungen weltweit dieselben waren, müssen die Formationen überall auf der Erdoberfläche in derselben Aufeinanderfolge und in derselben oder doch ähnlichen Beschaffenheit anzutreffen sein. Daher ist es erlaubt, die in Mitteldeutschland vorliegende Folge der Formationen als exemplarisch für alle Weltgegenden anzusehen. In ihr stellte sich für Werner das Gesetz der Erdgeschichte dar. Alexander v. Humboldt drückte dies folgendermaßen aus:

„Ein kleiner Teil des Erdballs, ein Gebiet von nur einigen Quadratmeilen, in dem die Natur viele Formationen vereinigt hat, kann – wie ein wahrer Mikrokosmos der alten Philosophen – im Geiste eines guten Beobachters sehr genaue Vorstellungen über die fundamentalen Wahrheiten der Geognosie erstehen lassen.“¹⁶⁾

Aus der meist horizontalen Lagerung der Formationen und ihrer Grenzen schloß Werner, daß sie alle als Abscheidungen und Ablagerungen aus einem Ozean entstanden, der zu Anfang den ganzen Erdball bedeckte. Aus diesem Urmeer, das viele Stoffe gelöst enthielt, erfolgten zuerst chemische Ausfällungen, und es entstanden Mineralien wie Quarz, Feldspat und Glimmer und die aus ihnen zusammengesetzten kristallinen Gesteine, die Werner Urgebirgsarten nannte. Zu ihnen zählte er Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Marmor, aber auch Porphyry und Basalt. Das Urmeer war nicht belebt, daher enthalten die Urgebirgsarten keine Versteinerungen. Die folgenden Formationen entstanden bei ständig sinkendem Meeresspiegel. Mit dem allmählichen Hervortreten des festen Landes setzten Zerstörungen der Urgebirgsarten ein, deren Produkte im Meer als mechanische Niederschläge abgesetzt wurden. So entstanden die geschichteten Gesteine der sogenannten Flözformationen, die aus einer charakteristischen Reihenfolge von Kalken, Sandsteinen, Tonschiefern, Grauwacken usw. bestehen, wie sie in Sachsen und Thüringen zu beobachten ist. In dieser Zeit stellten sich Pflanzen und Tiere ein, deren Überreste als Versteinerungen erhalten sind. Als Reste der Organismen sammelten sich in den geschichteten Formationen kohlenstoffhaltige, brennbare Materialien. Schließlich bildeten sich in einer

¹⁶⁾ Alexander von Humboldt, *Essay géognostique sur le gisement des roches dans les deux hémisphères*. Paris 1826, p. 61.

dritten jüngsten Erdzeit bei ständig abnehmendem Meeresspiegel die sogenannten Aufgeschwemmten Gebirgsarten, unverfestigte Ablagerungen wie Kies, Sand, Ton und Lehm. Dieser jüngsten Zeit sind auch vulkanische Gesteine zuzurechnen, zu denen Werner Lava, Bimsstein und vulkanische Asche zählte. Der Vulkanismus wurde nicht auf eine innere Erdwärme zurückgeführt, sondern auf lokale Entzündungen der in den Flözgebirgsarten eingeschlossenen kohligen Komponenten.

Zwar mußte Werner zur Erklärung der in vielen Schichtprofilen vorkommenden mehrfachen Wechsel von Gesteinsarten annehmen, daß dem monotonen Sinken des Meeresspiegels kurzzeitige Überschwemmungen und Rückzüge des Meeres überlagert waren. Im Ganzen aber stellte sich die Erdgeschichte nach Werner als ein gerichteter, durch eine ständige Abnahme mariner Einflüsse gekennzeichnete Prozeß dar, dessen einzelne Epochen durch eine weltweite Ordnung der übereinander geschichteten Formationen repräsentiert werden. Abgesehen von einigen örtlichen Zusammenstürzen und Einbrüchen, welche zur Bildung steilstehender Schichten und anderer Unregelmäßigkeiten führten, verliefen die Prozesse der Verwitterung, Ablagerung und Abscheidung im Meer in langsamer und ruhiger Weise. Alle Gesteine und Oberflächenformen entstanden durch lange dauernde zerstörende und aufbauende Wirkungen der Gewässer. In den Auftragungen der Urgebirgsarten im Kern der Gebirge sieht man heute noch die Formen der ältesten, zuerst aus dem Urozean herausragenden Landmassen.

Werners geologische Theorie wird meist als Neptunismus dem sogenannten Plutonismus Huttons und Playfairs entgegengestellt, weil Werner Granit, Porphyr und Basalt, die Hutton als magmatische Bildungen deutete, als Ausscheidung aus dem Wasser des Urozeans ansah. In der Tat hat es um die Jahrhundertwende einen heftigen Streit zwischen Neptunisten und Plutonisten gegeben, der jedoch recht bald im Sinne der Plutonisten entschieden war, nachdem Werner-Schüler wie Voigt, Buch und Humboldt sich für den magmatischen Ursprung von Basalt, Porphyr und Granit entschieden. Ideengeschichtlich von größerer Bedeutung ist der Gegensatz zwischen der ahistorischen Geologie Huttonscher Richtung und der Wernerschen Konzeption einer epochalen, gerichteten Erdvergangenheit, einer Erdgeschichte, die nicht immerwährende Gegenwart ist.

Im ersten Viertel des 19. Jahrhunderts erfuhr Werners System der Geognosie dadurch eine große Verbreitung, daß verschiedene seiner Schüler in den europäischen Ländern und in überseeischen Kontinenten tätig waren und auch bald verschiedene Lehrstühle innehatten, die nun in schneller Folge an den Universitäten Europas eingerichtet wurden. Das System der Formationen erfuhr bald mannigfache Abänderungen und Ergänzungen. Entscheidend war es jedoch, daß sich die Idee der Aufeinanderfolge weltweit gleichartiger Epochen, in denen überall gleichartige Gesteinskomplexe gebildet wurden, als Schema für die Ordnung der Gesteinsfolgen in verschiedenen Gegenden der Welt gut bewährte. Weil man ein solches Schema voraussetzte, konnte man versuchen, die in europäischen und außereuropäischen Ländern gefundenen Gesteinsfolgen zu parallelisieren und einer weltweit gültigen Tafel der Formationen einzuordnen. Viele Titel zu Anfang des 19. Jahrhunderts erschienener

Bücher und Abhandlungen zeugen von dieser Arbeit der Geologen, die nur auf dem Fundament der von Werner begründeten historischen Theorie der Geologie möglich und sinnvoll war. Als ein typisches Beispiel nenne ich ein Buch Alexander von Humboldts, das mit dem Titel „Geognostischer Versuch über das Vorkommen der Gesteine in beiden Hemisphären“ 1826 in französischer Sprache erschien als ein Versuch, die in Südamerika gefundene Folge von Formationen mit der Formationsfolge in der Alten Welt zu parallelisieren.¹⁶⁾

In dieser Zeit gebildete und auch heute noch benutzte Formationsnamen erinnern daran, daß man im Wernerschen Sinne aus lokalen Vorkommen die Definition von Formationen und Epochen der Erdgeschichte ableitete, für die weltweite Gültigkeit in Anspruch genommen wurde: Kambrium, Silur und Devon sind von Landschaften in England abgeleitet, Karbon bezieht sich auf das Vorkommen von Steinkohlen, die man für diesen Zeitabschnitt für typisch ansah, Perm ist der Name eines russischen Gouvernements, Trias ist aus der lithologischen Dreiteilung dieser Formation in Südwestdeutschland abgeleitet und Jura bezieht sich auf das Schweizerische und Schwäbisch-bayerische Juragebirge.

Während der ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts erfuhr die aus den Wernerschen Anfängen erwachsene Historische Richtung der Geologie einen starken Impuls durch die nun einsetzende genauere Betrachtung der Versteinerungen, aus der die Paläontologie als neue Disziplin entstand. Versteinerungen hatte man schon im 17. Jahrhundert und im 18. Jahrhundert als Reste von Organismen gedeutet, die in früheren Zeiten gelebt hatten. Verschiedene Autoren hatten auch schon früher die Vermutung geäußert, daß Tier- und Pflanzenarten der Vorzeit von den heutigen Formen verschieden gewesen seien. Das biblische Dogma von der Unveränderlichkeit der Arten war weder von Hutton noch von Werner angetastet worden. Hutton war der Meinung, daß die heute lebenden Arten schon immer existiert hätten – dies entsprach ja seiner Vorstellung von der immer währenden Gegenwart. Werner hatte den Versteinerungen keine besondere Beachtung geschenkt. Er erkannte und identifizierte gleichzeitig gebildete Formationen nach dem lithologischen Charakter der sie aufbauenden Gesteine.

Systematische Untersuchungen der in den Gesteinen enthaltenen Fossilien setzten etwa um 1800 ein und führten zu der Erkenntnis, daß die Formationen und ihre Untergliederungen durch verschiedene typische Fossilien gekennzeichnet sind und nach diesen identifiziert werden können. Der englische Ingenieur William Smith¹⁷⁾ wendete dieses Prinzip der sogenannten Leitfossilien als erster an, indem er eine Altersgliederung der Schichtgesteine Englands nach ihren Fossilien aufstellte. Man erkannte ferner, besonders an den Resten großer Wirbeltiere, daß die Arten früherer Epochen von den heute lebenden verschieden waren: In England beschrieb Conybeare Skelette vom fischähnlichen Ichthyosaurus und vom Meeressäurier Plesiosaurus. In Frankreich rekonstruierte Cuvier aus Zähnen und Knochen tertiärer Schichten bei Paris die Gestalten vieler heute nicht mehr lebender großer Säugetiere.

¹⁷⁾ William Smith 1769–1859.

SUR LE
GISEMENT DES ROCHES
DANS LES DEUX HÉMISPÈRES.

PAR
ALEXANDRE DE HUMBOLDT.

2.^e ÉDITION, CONFORME A LA PREMIÈRE.



PARIS,
CHEZ F. G. LEVRAULT, RUE DE LA HARPE, N.^o 81 ;
STRASBOURG,
MÊME MAISON, RUE DES JUIFS, N.^o 33.
1826.



Diese und viele andere Funde wurden wie die Übereinanderlagerung verschiedenartiger Gesteine als Zeugnisse für eine sich in der Vergangenheit wandelnde Welt angesehen. Für die Deutung der sich wandelnden Lebenswelten wurden zwei Theorien formuliert, die auf Lamarck und Cuvier zurückgingen und sich in ihrem Verhältnis zur biblischen Idee der Unveränderlichkeit der Arten unterscheiden.

Jean Baptiste Lamarck¹⁸⁾ stellte im Jahre 1809 in der „Philosophie Zoologique“ die Hypothese auf, daß die Lebewesen früherer Epochen nicht ausgestorben seien, sondern sich allmählich geändert hätten, so daß sich schließlich die heute lebenden Formen ergaben. Er begründete diesen Vorgang durch die von ihm vorausgesetzte Veränderung der Lebensbedingungen, insbesondere des Klimas, und nahm an, daß die Veränderungen der äußeren Umstände den Lebewesen neue Verhaltensweisen aufgezwungen hätten, die wiederum durch bevorzugten Gebrauch oder Nichtgebrauch bestimmter Organe vererbliche Änderungen der Gestalten hervorbrachten. Was Lamarck in allgemeiner Weise formuliert hatte, wurde von seinem jüngeren Kollegen am Museum für Naturgeschichte in Paris Geoffroy Saint Hilaire¹⁹⁾ an einzelnen Tiergruppen, so insbesondere bei Reptilien, durch anatomische und paläontologische Studie unterstützt.

Damit war zum erstenmal eine Evolutionstheorie der Lebewesen formuliert worden, die der biblischen Idee der Unveränderlichkeit der einmal erschaffenen Kreaturen widersprach. Die organische Welt erschien als ein kontinuierlicher Prozeß in der Zeit, wobei die Entwicklung der Lebewesen mit den Veränderungen in der anorganischen Natur kausal zu einem einheitlichen Vorgang verknüpft wurde.

George Cuvier²⁰⁾, der große Anatom und berühmte Erforscher der fossilen Wirbeltiere aus den Tertiärschichten um Paris, konstruierte aus seinen Funden ein anderes Bild der Erd- und Lebensgeschichte, ein Bild, das am biblischen Prinzip der Unveränderlichkeit der Arten festhielt. In seinem 1812 erschienenen Werk „Discours sur les revolutions de la surface du globe“ stellte er dar, wie in übereinanderliegenden Schichten verschiedene Faunen aufeinander folgen: Bestimmte Tierarten verschwinden und neue treten an ihre Stelle. Diese Wechsel der Lebenswelten waren oft mit plötzlichen Wechseln der Gesteinsbeschaffenheit verbunden. Diese Diskontinuitäten deutete Cuvier als Dokumente einer ebenso diskontinuierlichen Erd- und Lebensgeschichte. Unter ausdrücklicher Berufung auf Werner, von dem er sagte, daß er die „positive Geologie“ begründet habe, welche „die mineralische Natur der Schichten in Betracht zieht“, sah Cuvier in Schichtgrenzen und Faunenwechseln die Zeichen von katastrophalen Ereignissen, insbesondere Meereseinbrüchen, welche ganze Tierwelten vernichtet und die Lebensbedingungen grundlegend verändert haben. In jeder neuen Epoche traten neue Arten auf, die ebenso unveränderlich bis zur nächsten Katastrophe existierten, wie die vor ihnen untergegangen. Die letzte

¹⁸⁾ Jean Baptiste de Lamarck 1744–1828. Philosophie zoologique. Paris 1809.

¹⁹⁾ Etienne Geoffroy Saint Hilaire 1772–1844.

²⁰⁾ George Cuvier 1769–1832. Discours sur les revolutions de la surface du globe et sur les changemens qu'elles ont produits dans le règne animal. 3. ed. Paris 1825.

DISCOURS

SUR

LES RÉVOLUTIONS

DE LA SURFACE DU GLOBE,

ET SUR LES CHANGEMENS QU'ELLES ONT PRODUITS
DANS LE RÈGNE ANIMAL;

PAR M. LE BARON G. CUVIER,

Commandeur de la Légion d'honneur et de l'ordre de la Couronne de Wurtemberg, conseiller ordinaire au Conseil d'état et au Conseil royal de l'instruction publique, l'un des quarante de l'Académie française, secrétaire perpétuel de celle des sciences, des Académies et Sociétés royales des sciences de Londres, de Berlin, de Pétersbourg, de Stockholm, de Turin, de Göttingue, de Copenhague, de Munich, de la Société géologique de Londres, de la Société asiatique de Calcutta, etc.

TROISIÈME ÉDITION FRANÇAISE.



A PARIS,
CHEZ G. DUFOUR ET ED. D'OCAGNE,
LIBRAIRES-ÉDITEURS, QUAI VOLTAIRE. N° 15;
ET A AMSTERDAM,
MÊME MAISON DE COMMERCE.

1825.

dieser Katastrophen war die in der Bibel bezeugte Sintflut, die nach der von Cuvier akzeptierten Chronologie der Bibel vor fünf- bis sechstausend Jahren stattfand.

Cuvier und Lamarck gehören der Nachfolge Werners an, insofern sie annehmen, daß auch die Lebewesen der Vorzeit in der Zeit eine historische Reihe verschiedener Gestalten bilden, die der Reihe der Formationen analog ist. Die Katastrophentheorie Cuviers bringt, anknüpfend an ältere Vorstellungen, wie man sie z.B. bei Buffon findet, und wie sie auch später geäußert wurden (z.B. vom Schweizer Geologen de Luc²¹), ein neues Moment in die Theorie der Erdgeschichte, das seitdem immer wieder auftritt. Im Zeitalter der Restauration wurde die Theorie Cuviers der Katastrophen und Neuschöpfungen seitens der offiziellen Stellen bevorzugt gefördert, weil sie der biblischen Idee der epochalen, durch plötzlich eingreifende Geschehnisse gegliederten Welt- und Menschengeschichte besser entsprach als die als materialistisch und atheistisch angesehene Evolutionstheorie von Lamarck und Geoffroy Saint Hilaire.²²)

Die Katastrophentheorie Cuviers wandte der französische Geologe Elie de Beaumont²³) auf die Gebirge an, deren Entstehung er einzelnen katastrophalen Ereignissen zuschrieb, die sich von Zeit zu Zeit auf der Erde ereigneten, und die von längeren ruhigen Zeiten unterbrochen wurden. Die Gegenwart sollte eine solche ruhige Zeit sein – man sieht den Unterschied dieser Denkweise gegenüber dem Uniformitarismus, nach dem die Gegenwart „der Schlüssel“ für das Verständnis der Vergangenheit sein soll.

So schienen sich die geologischen und paläontologischen Theorien im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts und darüber hinaus als historische Theorien im Sinne der von Werner begründeten Tendenz zu entwickeln. Dies änderte sich durch das Werk von Charles Lyell.²⁴) Der wie Hutton und Playfair aus Schottland stammende Gelehrte veröffentlichte im Jahre 1830 den ersten Band der „Principles of Geology“, dem bis 1833 zwei weitere Bände folgten. Dieses Buch fand sogleich die größte Beachtung, erlebte bis 1875 zwölf Auflagen und Übersetzungen in verschiedene Sprachen. Seine Wirkung hielt das ganze Jahrhundert an. Lyells Werk trägt den Untertitel: „Eine Untersuchung darüber, inwieweit die früheren Veränderungen der Erdoberfläche auf Ursachen zurückgeführt werden können, die heute noch wirken.“ Damit zeigte Lyell an, daß er das Programm von Hutton und Playfair fortführen und unter Berücksichtigung der inzwischen bekannt gewordenen neuen Fakten eine erneuerte uniformitarische geologische Theorie begründen wollte. Der vielgeiste

²¹) Vgl. Anm. 3.

²²) In der Pariser Akademie entbrannte ein heftiger Streit zwischen Cuvier und Geoffroy Saint Hilaire, mit dem sich auch Goethe beschäftigte. Vgl. hierzu: Dorothea Kuhn, Empirische und ideelle Wirklichkeit. Graz, Wien, Köln 1967.

²³) Léonce Elie de Beaumont 1798–1874. Extrait d'une série de recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe, présentant différents exemples de coincidence entre le redressement des couches de certains systèmes de montagnes et les changements soudains des terrains de sédiment. Ann. des Sciences naturelles. T. XVIII, 1829 und T. XIX, 1830.

²⁴) Charles Lyell 1797–1875. Principles of Geology, being an inquiry how far the former changes of the Earth's surface are referable to causes now in operation. London 1830–1833. (3 Vol.)

PRINCIPLES OF GEOLOGY:

BEING
AN INQUIRY HOW FAR THE FORMER CHANGES OF
THE EARTH'S SURFACE

ARE REFERABLE TO CAUSES NOW IN OPERATION.

BY
CHARLES LYELL, Esq. F.R.S.

PRESIDENT OF THE GEOLOGICAL SOCIETY OF LONDON.

" Amid all the revolutions of the globe, the economy of Nature has been uniform, and her laws are the only things that have resisted the general movement. The rivers and the rocks, the seas and the continents, have been changed in all their parts; but the laws which direct those changes, and the rules to which they are subject, have remained invariably the same."

PLAYFAIR, *Illustrations of the Huttonian Theory*, § 374.

IN FOUR VOLUMES.

VOL. I.

THE FIFTH EDITION.

LONDON:

JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.

1837.



Lyell fand im Gegensatz zu den Schülern Werners keine allgemeine Verbreitung der Sedimentformationen und ebensowenig Belege für weltweite Katastrophen. Statt der Unterbrechungen von Schicht- und Faunenfolgen, die Cuvier in Tertiärbildungen im Becken von Paris festgestellt hatte, fand Lyell in altersgleichen Schichten Italiens nur kontinuierliche Übergänge. Mit vielen Beispielen glaubte er die Gleichartigkeit der früher und heute wirkenden geologischen Kräfte belegen zu können. Dabei nahm er auch Bezug auf ein in den Jahren 1822 bis 1824 erschienenes Werk des deutschen Geologen Adolf von Hoff²⁵⁾, der durch eine sorgfältige Analyse literarischer Quellen gezeigt hatte, daß es keine Hinweise dafür gibt, daß in der geschichtlichen Vergangenheit auf der Erdoberfläche Kräfte anderer Art und anderer Intensität als gegenwärtig gewirkt haben. Zwar gab es nach Lyell Klimaschwankungen, aber keine systematischen Änderungen der Temperatur und anderer Klimafaktoren. Die Landmassen haben sich durch langsame Bewegungen erhoben und gesenkt, und auch die Gebirge sind so entstanden. Als Ursache solcher Bewegungen in der Erdkruste, der Erdbeben und der vulkanischen Erscheinungen werden lokale Temperaturerhöhungen, Schmelzungen und Gasentwicklungen angenommen, die durch nicht näher erklärte chemische, elektrische und magnetische Vorgänge in der Kruste hervorgerufen werden. Keineswegs aber soll es einen flüssigen Erdkern geben, und es wird auch eine allmähliche Abkühlung der Erde abgelehnt.

Lyells geologisches Weltbild entsprach im ersten Entwurf nicht in jeder Hinsicht dem uniformitarischen Ideal: Wohl geschah in der strukturlosen Zeit auf der Erdoberfläche immer dasselbe, und es gab für Lyell wie für Hutton und Playfair keinen Hinweis auf einen Anfang aller Dinge und ebensowenig ein Anzeichen für ein Ende – aber mit den Lebewesen verhielt es sich anders. Lyell mußte zugeben, daß in den verschiedenen Perioden der geologischen Vergangenheit unterschiedliche Tiere und Pflanzen, und zwar andere als heute, lebten. Da er zunächst an der Unveränderlichkeit der Arten festhielt, vertrat Lyell in den ersten Auflagen seines Buches eine der Theorie Cuviers verwandte Hypothese, allerdings ohne die gewaltsamen Katastrophen: Lyell meinte, daß jede Spezies irgendwann einmal durch widrige Umstände gezwungen wird auszusterben, daß dann aber immer wieder – und zwar ohne eine natürliche Ursache – an einzelnen Punkten der Erde Paare neuer Arten erschaffen werden. Dem Prinzip der Uniformität entsprechend sollte aber in der Regel der nacheinander in Erscheinung getretenen Lebewesen keine Zunahme irgendeiner Vollkommenheit zu erkennen sein.

Hier also gab es einen Widerspruch, ein historisches Element inmitten einer ahistorischen Theorie. Die Lösung dieses Widerspruchs brachte Charles Darwins²⁶⁾ epochemachendes Werk „Der Ursprung der Arten“, das 1859 erschien. Darwins Idee war nichts anderes als die Erklärung des historischen Phänomens der Entwicklung der

²⁵⁾ Adolf von Hoff 1771–1837. Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche. Gotha 1822–1834. (3 Bde.)

²⁶⁾ Charles Darwin 1809–1882. On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life. London 1859.

ON
THE ORIGIN OF SPECIES

BY MEANS OF NATURAL SELECTION,

OR THE

PRESERVATION OF FAVOURED RACES IN THE STRUGGLE
FOR LIFE.

By CHARLES DARWIN, M.A.,

FELLOW OF THE ROYAL, GEOLOGICAL, LINNEAN, ETC., SOCIETIES;
AUTHOR OF 'JOURNAL OF RESEARCHES DURING H. M. S. BEAGLE'S VOYAGE
ROUND THE WORLD.'

FIFTH THOUSAND.

LONDON:
JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.
1860.

The right of Translation is reserved.

Arten im Sinne des Prinzips der Uniformität des Naturgeschehens, d. h. nach einem universellen Gesetz, das zu allen Zeiten gilt. Darwin gab das unbeweisbare Dogma, die biblische Idee der Unveränderlichkeit der Arten auf, wie dies schon Lamarck und Geoffroy Saint Hilaire gewagt hatten. Im Gegensatz zu diesen beiden Gelehrten konnte Darwin aber einen aktualistischen, heute wie früher wirksamen Mechanismus angeben, nach dem die Evolution zustandekommt. Ausgangspunkt ist die Voraussetzung, daß bei jeder Art spontane, zufällige und erbliche Mutationen nach allen Richtungen auftreten.

Der menschliche Züchter benutzt diese Spielarten, um seinen Zwecken entsprechend neue Rassen mit erwünschten Eigenschaften hervorzubringen. In der Natur erfolgt eine automatische Auswahl derjenigen Mutationen, die unter gegebenen äußeren Umständen besonders lebensfähig und bevorzugt fortpflanzungsfähig sind. Durch diese natürliche Zuchtwahl wurden die Lebewesen ihrer Umwelt angepaßt. Was Hutton der Providenz des Schöpfers zurechnete, und was in der biblischen Idee von der vollkommen zweckmäßig eingerichteten Natur gemeint war, erscheint in der Theorie Darwins als Resultat eines sich selbst regulierenden Mechanismus. Durch diese geniale Theorie war etwas Überraschendes erreicht worden: Die paläontologisch nachgewiesene, zu immer höher organisierten Formen fortschreitende Entwicklung der Lebewesen auf der Erde ergab sich nun als Folge eines zu allen Zeiten wirkenden Gesetzes. Damit war auch die zunächst so historisch anmutende Entwicklung der Lebewesen dem ahistorischen Bild der uniformitarischen Theorie eingepaßt. Dies hat auch Lyell eingeleuchtet. Obwohl er 30 Jahre lang für die Unveränderlichkeit der Arten eingetreten war, gab er unter dem Eindruck der Theorie Darwins diese Ansicht auf. In die 1866 publizierte Auflage seines Buches wurde die Darwinsche Theorie aufgenommen und damit war, wie es schien, die uniformitarische Theorie der Geologie in geschlossener Form gelungen.

Bis in die 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts gab es kaum wirksamen Widerspruch gegen die uniformitarische Geologie Lyells. Dennoch sind Zweifel und Bedenken nie ganz verstummt, und es haben immer wieder historische Theorien und Erklärungen eine Rolle gespielt. Dies ist z. B. an der Hypothese der Abkühlung der Erde zu verfolgen. Der Gedanke, daß die Erde ursprünglich eine flüssig-heiße Masse war und im Laufe der Vergangenheit allmählich abkühlte, findet sich schon in alten Spekulationen über die Erdgeschichte. Er tauchte auch in den wissenschaftlichen Theorien immer wieder auf, zumal er durch die Theorien von Kant und Laplace über die Entstehung des Planetensystems nahegelegt wurde. Besonders bekräftigt wurde die Hypothese, daß die Erde sich abkühlt, durch die Feststellung, daß die Temperatur in Bergwerken und Bohrlöchern mit der Tiefe zunimmt, woraus zu schließen ist, daß der Erdkörper dauernd Wärme verliert. Nichts lag näher, als daraus die Annahme abzuleiten, daß wir auch heute in einem Stadium der Abkühlung der Erde leben. Elie de Beaumont²³⁾ sah schon 1830 in dieser Abkühlung einen Motor für die Vorgänge in der Erdrinde. Nach seiner Vorstellung wird die über dem zuerst glutflüssigen Erdinneren gespannte Erstarrungskruste wegen der Zusammenziehung des sich abkühlenden Inneren zu groß. Es bilden sich durch das Einsinken der Kruste Zertrüm-

merungen, und durch Zusammenschub Aufwölbungen und die Faltenzüge der Gebirge. Diese Kontraktionstheorie, von Lyell natürlich abgelehnt, erwies sich zur Deutung der tektonischen Phänomene als sehr fruchtbar. Sie fand eine glänzende Darstellung in dem 1883 bis 1900 erschienenen Werk „Das Antlitz der Erde“ des Wiener Geologen Eduard Sueß²⁷⁾ – einer Zusammenfassung des geologischen Wissens der Zeit, die eminent historisch war und der uniformitarischen Theorie nicht entsprach. Im Schlußabschnitt des ersten Bandes stehen die gar nicht Huttonschen Sätze, die durchaus apokalyptisch klingen:

„Der Zusammenbruch des Erdball ist es, dem wir beiwohnen. Er hat freilich schon vor sehr langer Zeit begonnen und die Kurzlebigkeit des menschlichen Geschlechtes läßt uns dabei guten Mutes bleiben.“

Mit Eduard Sueß stehen wir an der Schwelle zu unserem Jahrhundert. In den acht Jahrzehnten, die seit dem Erscheinen seines Werkes vergangen sind, hat sich das Wissen in ungeahnter Weise vermehrt, und es haben sich die Theorien in schnellerer Folge abgelöst, als dies in früherer Zeit der Fall war. Die Kontraktionstheorie z.B., die sich lange Zeit hindurch in der Erklärung der Gebirgsbildungen gut zu bewähren schien, mußte aufgegeben werden, seit wir wissen, daß der Zerfall radioaktiver Atomarten im Erdinneren und nicht ein vom Ursprung her übrig gebliebener Wärmeverrat der Motor ist, der Vulkanismus und Krustenbewegungen in Gang hält.

Die älteren Theorien, über die ich gesprochen habe, können zur Lösung unserer Probleme kaum noch etwas beitragen. Sie sind aber aus einem anderen Grunde interessant: In ihnen erkennen wir leitende Ideen des Denkens, Muster, die die Alten in der biblischen Welt- und Menschengeschichte vorfanden, und an die wir, ob wir es wissen oder nicht, auch heute noch gebunden sind. Wir können nämlich auch die modernen geologischen Theorien danach befragen, welchem der großen Stammbäume sie angehören: der Tradition der ahistorisch-uniformitarischen oder der der historisch-anaktualistischen Entwürfe, und ob sie den Charakter von Katastrophentheorien oder von Evolutionstheorien haben.

Es zeigt sich bei einer solchen Prüfung, daß es in den Geowissenschaften, wie wir sie heute verstehen, zwei Arten von Theorien und Erklärungen und zwei Arten von Forschungszielen gibt, solche, die dem historisch-anaktualistischen und andere, die dem ahistorisch-uniformitarischen Bild der Natur entsprechen. Wir sind entschieden Uniformitarier, wenn wir im Laboratorium oder in der Natur die Gesetzmäßigkeiten von Vorgängen untersuchen, von denen wir meinen, daß sie im geologischen Geschehen aller Zeiten in typischer Weise immer wiederkehren, wie z.B. die Erstarrung von Schmelzen zu Gesteinen, die Entstehung von Erdbeben durch Bruchvorgänge in der Kruste, der Transport von Sandkörnern durch strömendes Wasser und Wind, die Verteilung der chemischen Elemente bei den Stoffumsetzungen der Verwitterung. In solchen Fällen sind wir wie Physiker und Chemiker an Gesetzen interessiert, die wir heute und hier ermitteln können, da sie zu allen Zeiten der Erdgeschichte gelten.

²⁷⁾ Eduard Sueß 1831–1914. *Das Antlitz der Erde*. Prag und Leipzig 1885–1900.

Die Aufsuchung von Gesetzen oder die Bestätigung, daß bestimmte Gesetze in der Vergangenheit auch gegolten haben, ist aber nicht das eigentliche oder mindestens nicht das einzige Ziel des geologischen Forschers. Es geht in den Geowissenschaften immer darum, verborgene und vergangene Zustände, Ereignisse und Vorgänge in und auf der Erde oder auch in und auf anderen terrestrischen Planeten herauszubekommen. Dies sind Forschungsziele der zweiten Art, und hier werden Erklärungen und Theorien gesucht, die sich auf ein historisches Bild der Naturvergangenheit beziehen. Hier fühlen wir uns nicht verpflichtet, aktualistisch zu denken. Wir sind wohl davon überzeugt, daß hinsichtlich der Gültigkeit der Naturgesetze Uniformität besteht. Der faktische Verlauf der Erd- und Lebensgeschichte mag aber ganz anders sich abgespielt haben, als wir das zunächst von der Gegenwart her zu vermuten geneigt sind.

In neueren Theorien über die geologische Vergangenheit werden in zunehmendem Maße Zustände und Vorgänge in früheren Epochen der Erd- und Planetengeschichte angenommen, die sich von den heutigen Verhältnissen sehr unterscheiden, und man erkennt auch Spuren in der Vergangenheit stattgehabter Katastrophen. Zu erinnern wäre z. B. an den absoluten Anfang aller Geologie, d. h. eine absolute Grenze für die Gültigkeit der danach gültigen Regelmäßigkeiten, die 4,6 Milliarden Jahre zurückliegt, an die von den heutigen ganz verschiedenen Bedingungen der Verwitterung während der längsten Zeit der Erdvergangenheit, als es noch keinen freien Sauerstoff in der Atmosphäre gab, an die durch die Einschläge von Großmeteoriten und Planetoiden bewirkten Veränderungen der Planetenoberflächen, für die uns alle direkten Erfahrungen fehlen, und die bis vor etwa 4 Milliarden Jahren wahrscheinlich besonders intensiv waren, an die Bildung dicker Sedimentschichten am seewärtigen Hang der Kontinente durch plötzlich ausgelöste Schlammströme (turbidity currents) und vor allem an die Theorie der Plattentektonik, die erst vor 20 Jahren das lange geglaubte Bild einer Erde mit persistenten Ozeanbecken und Kontinenten abgelöst hat. Wenn wir solche Theorien konstruieren, erkennen wir nicht mehr die Tabus an, mit denen seit Lyells Zeiten nicht-uniformitarische und Katastrophentheorien belegt waren. Für uns gilt heute die Kritik, die der englische Mineraloge und Geologe William Whewell²⁸⁾ schon 1837 am dogmatischen Uniformitarismus in der heute noch sehr lesenswerten „Geschichte der Induktiven Wissenschaften“ übte:

„Die Ursachen kennen wir nur durch ihre Wirkungen; und um etwas über die Natur der Ursachen zu erfahren, die die Erde verändert haben, müssen wir sie durch alle Zeiten, in denen sie gewirkt haben, untersuchen. Wir dürfen nicht willkürlich die Periode, in der wir leben, als Standard für alle anderen Epochen ansehen.“

Die Geowissenschaften erforschen Tatbestände, die zwar von derselben Art wie die beobachtbare Wirklichkeit, der Beobachtung und dem Experiment aber nicht zugänglich sind. Das sind einerseits Sachverhalte der Vergangenheit, wie z. B. die Entstehung des Buntsandsteins in Mitteleuropa aus der Sandablagerung von Flüssen im

²⁸⁾ William Whewell. History of inductive sciences. London 1837. (3 Vol.)

Vorland eines alten Kontinents oder die Entstehung der Alpen durch einen nord-südlich gerichteten Zusammenschub mächtiger Sedimentpakete – und andererseits im Inneren der Planeten verborgene Zustände und Vorgänge, wie z.B. Strömungen leitender Massen im Inneren der Erde, die an der Oberfläche ein Magnetfeld hervorrufen oder die Erstarrung von Schmelzen tief in der Kruste zu magmatischen Tiefengesteinen.

Durch solche Forschungsziele unterscheiden sich die Geowissenschaften von anderen Naturwissenschaften, deren Hauptanliegen die Ermittlung von Naturgesetzen ist, und als deren Muster die Physik angesehen wird. Die Geowissenschaften gehören zu den Historischen Wissenschaften, die nicht in erster Linie an der Auffindung und Prüfung von Gesetzen, sondern an der Rekonstruktion einzelner oder spezifischer Ereignisse, Vorgänge oder Zustände interessiert sind.

Der Unterschied im Forschungsinteresse bedingt einen wesentlichen Unterschied der vorherrschenden Methoden: In den *experimentellen* Naturwissenschaften werden Gesetze ermittelt und geprüft. Die Ermittlung der Gesetze geschieht induktiv, indem verursachende Bedingungen gesetzt und die Wirkungen beobachtet werden, die faktisch aus ihnen resultieren. Geprüft werden Gesetze deduktiv, indem man aus ihnen ableitet, was unter bestimmten Bedingungen (Ursachen) geschehen wird und im Experiment feststellt, ob die Voraussage zutrifft. In den historischen Wissenschaften schließt man dagegen hypothetisch von beobachteten Sachverhalten auf verursachende Bedingungen, die verborgen oder längst vergangen sind, und die die beobachteten Tatbestände gemäß bestimmter Gesetze hervorgebracht haben könnten. Diese in den Geowissenschaften vorherrschende Schlußweise geht also von den Wirkungen auf Ursachen zurück, was nur möglich ist, wenn man universelle Gesetze kennt, die eine kausale Verknüpfung zwischen den beobachteten Wirkungen und den zu erschließenden Ursachen vermitteln. Diese Gesetze sind entweder so trivial, daß man sie nicht besonders erwähnt²⁹⁾, oder es sind physikalische, chemische oder auch biologische Gesetze, die entweder den anderen Wissenschaften entnommen oder von Geoforschern selbst an geologisch relevanten Systemen ermittelt werden.³⁰⁾

²⁹⁾ Solche Trivialgesetze werden gelegentlich „geologische Gesetze“ genannt, wie z.B. das „Gesetz“, daß in einer Folge sedimentärer Schichten jede Schicht jünger ist als die unter ihr liegenden (sofern die Schichtfolge nicht gestört ist).

³⁰⁾ Der historische Charakter und die Verwandtschaft der Geologie mit der etwa zur gleichen Zeit sich entwickelnden Humanhistorie war den ersten Geologen wohl bewußt. So rechnete Whewell (Anm.28) die Geologie zu einer Gruppe von Wissenschaften, die er Palaeiologische Wissenschaften nannte, die dies gemeinsam haben, „daß sie mittels des Zeugnisses der Gegenwart zu einem früheren Zustand der Dinge hinaufsteigen“ (l.c. p.481, f.).

Cuvier charakterisierte die neue Wissenschaft folgendermaßen:

„Wir bewundern die Kraft des menschlichen Geistes, der die Bewegungen der Himmelskörper ausgemessen hat, die die Natur für immer unserem Zugriff entzogen zu haben schien. Genie und Wissenschaft haben die Schranken des Raumes geöffnet. Vom Verstand geleitete Beobachtungen haben den Mechanismus der Welt enthüllt. Würde es nicht auch für den Menschen ruhmvoll sein, die Schranken der Zeit geöffnet zu sehen, und mit Hilfe einiger Beobachtungen die Geschichte der Welt und die Folge der Geschehnisse enthüllt zu sehen, die der Geburt des Menschengeschlechtes vorangingen? Die Astronomen sind ohne Zweifel schneller vorangekommen als die Erforscher der irdischen Natur, und die Epoche, in der

Aber selbst wenn die Gesetze auch auf das Genaueste bekannt sind, bleiben die Schlüsse in der Geologie wie in allen historischen Wissenschaften in einer spezifischen Weise unbestimmt. Dies liegt an der spezifischen Ungewißheit des hypothetischen Schlusses: Dieselbe Wirkung kann nämlich durch verschiedene Ursachen hervorgerufen werden. In den historischen Theorien der Geowissenschaft wird daher aus prinzipiellen Gründen niemals derselbe Grad von Gewißheit und Prüfbarkeit erreicht werden, an den man in der Physik gewohnt ist, wo aus der Theorie deduzierte Behauptungen direkt experimentell geprüft werden können. Die größere Ungewißheit geologischer Theorien ist daher nicht ein Zeichen einer noch bestehenden Unreife der Geowissenschaften, die mit der Zeit überwunden werden können. Keine noch so intensive Mathematisierung der Methoden kann die Unsicherheit aus der Welt schaffen, die dem Schluß von Wirkungen auf Ursachen anhaftet, auf den wir in den Geowissenschaften – im Unterschied zu anderen Naturwissenschaften – immer angewiesen bleiben.

Wir sollten uns deshalb davor hüten, an geologische Theorien zu „glauben“, wozu Geologen nicht nur in der Vergangenheit besonders geneigt waren – vielleicht ein Erbe aus alten Zeiten, als man verpflichtet war, an die biblische Weltgeschichte dem Wortlaut nach zu glauben. Wir sollten vielmehr auch in der Geologie immer bereit sein, neue Wege der Erklärung zu versuchen, auch wenn sie gemäß lange vertrauten Prinzipien und Ideen verbotene Wege zu sein scheinen. Das ist das Beste, was die Geschichte der Geowissenschaften lehren kann.

sich die Theorie der Erde heute befindet, ähnelt etwa der Zeit, in der die Philosophen meinten, daß der Himmel aus Quadersteinen bestünde und der Mond so groß sei wie der Peleponnes. Später aber ist Anaxagoras, es sind die Kopernikus und Kepler erschienen, die den Weg für Newton gebahnt haben. Warum soll die Geschichte der Natur nicht auch eines Tages ihren Newton haben?“

(Discours sur les revolutions de la surface du globe. 3. ed. Paris 1825, p. 3 f.)

Lyell beschreibt die Geologie auf folgende Weise:

„Ob unsere Untersuchung der Geschichte und der Struktur der Erde sich schließlich hinsichtlich praktischer Vorteile für die Menschheit als ebenso fruchtbar erweisen werden wie die Kenntnis der entfernten Himmelsgegenden, müssen wir der Entscheidung der Nachwelt überlassen. Erst als die Astronomie die Beobachtungen vieler Jahrhunderte gesammelt hatte und gegen populäre Vorurteile ihren Weg bis zur Aufstellung einer vernünftigen Theorie gegangen war, konnte man ihre Anwendbarkeit für nützliche Künste erkennen. Die Pflege der Geologie begann in einer späteren Zeit. Bei jedem Schritt, den sie bisher in Richtung auf vernünftige theoretische Prinzipien machte, hatte sie gegen immer stärkere Voreingenommenheiten zu kämpfen. Die bisher aus der Geologie abgeleiteten praktischen Vorteile waren nicht unbedeutend. Aber unsere allgemeinen Erkenntnisse sind noch unvollkommen und es ist zu erwarten, daß unsere Nachkommen die wertvollsten Früchte unserer Arbeit ernten werden. Inzwischen gehört uns der Reiz der ersten Entdeckung und wenn wir dieses großartige Feld der Forschung erkunden, mag uns immer das Gefühl eines großen Historikers unserer Zeit im Geiste begleiten, daß derjenige, der Verschwundenes wieder ins Dasein zurückruft, die Seligkeit des Schaffens genießt.“

(Principles of Geology. 5. ed. Vol. I, p. 108 f.)

Lyell bezieht sich auf die „Römische Geschichte“ (Berlin 1811–1812) von Barthold Georg Niebuhr, wo es in der Einleitung heißt:

„Wer Verschwundenes wieder ins Dasein zurückruft, genießt die Seligkeit des Schaffens: es wäre ein Großes, wenn es gelingen könnte, für die, welche mich lesen, den Nebel zu zerstreuen, der auf diesem vornehmsten Teil der alten Geschichte liegt und lichte Helle zu verbreiten: daß ihnen die Römer klar, verständlich, vertraut wie Zeitgenossen, mit ihren Einrichtungen und ihrer Geschichte vor dem Blick stehen, leben und weben.“